

基于射频识别中间件的粮食质量安全追溯系统

刘 鹏, 屠 康^{*}, 侯月鹏

(南京农业大学食品科技学院, 南京 210095)

摘 要: 为建立快速、全面、精确的粮食质量安全追溯信息系统, 研究了射频识别 (RFID) 中间件技术应用在粮食质量追溯中的业务流程及使用方式, 结合江苏省粮食流通特点完成了基于射频识别中间件技术的粮食供应链的系统流程分析, 进而确定了符合粮食质量安全中间件的软硬件配置。在此基础上采用结构化设计方法 (SM) 进行粮食质量安全追溯 RFID 中间件应用体系的系统架构。最后分别应用 VC++ 方法和 AutoRunner 工具对系统进行集成和测试。单标签和动态应用测试结果表明: 系统识别准确率、识读工作周期和系统连续正常运行时间分别达到 95.3%、8.6 s 和 1 000 h。该系统具有应用于粮食质量安全追溯的前景。

关键词: 粮食, 质量控制, 中间件, 追溯, 射频识别

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.12.026

中图分类号: TP274+.3, TS201.6, TS207.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-12-0145-06

刘 鹏, 屠 康, 侯月鹏. 基于射频识别中间件的粮食质量安全追溯系统[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 145—150.
Liu Peng, Tu Kang, Hou Yuepeng. Traceability system of grain quality safety based on radio frequency identification middleware[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12): 145—150. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

中国政府历来十分重视食品安全问题。作为各种食品原材料的粮食安全是重中之重, 随着人民生活水平的提高, 对粮食质量的要求也日益增加。要实现粮食质量安全的目标就需要建立快速、全面、精确的粮食质量安全追溯信息系统。

农产品的质量安全追溯在国外已经有了成熟的应用, 而中国还处于研究探索和初步应用阶段。近年来, 国内专家学者对农产品的质量安全追溯信息化进行了一系列的探索, 主要集中在畜禽及水产品等领域。目前进行的代表性研究包括: 刘俊荣等提出了中国养殖水产品全链可追溯性系统平台的建设^[1]。徐焕良等提出了基于产品生命周期管理的肉品车间生产跟踪及追溯体系^[2]。谢菊芳等运用二维条码技术、射频电子标识技术和组件技术, 构建了肉用猪及其产品的全程质量控制, 实现了基于.NET 构架的猪肉安全生产的追溯系统^[3]。任晰等设计研制开发了“基于 Web 的罗非鱼养殖质量安全信息可追溯系统”^[4]。对粮食安全追溯的体系、技术和模型的研究还比较少。

粮食的储运特点决定了粮食安全追溯信息系统是层

次化的, 集成多种技术、多种应用的一体化系统。射频识别 (radio frequency identification, RFID) 中间件技术是解决多层次的网络模式复杂性问题的较好选择之一。国外对 RFID 的研究包括: Melanie R 等人提出了 RFID 中间件的设计原则和示例, Achilleas P 等人设计了 1 个可编程的 RFID 应用中间件平台^[5-6]。

本研究基于已有的粮食质量安全追溯业务流程, 对其进行系统分析和规约。在此基础上设计架构了专门针对粮食质量安全追溯的 RFID 中间件平台。该平台有助于提高粮食安全追溯信息体系的系统性, 并为 RFID 中间件技术集成食品 and 农产品追溯过程提供一定的依据。

1 RFID 中间件技术

RFID 技术即无线射频识别技术, 是一种非接触的自动识别技术, 其基本原理是利用射频信号的空间电感或电磁耦合传输特性, 实现对被识别物体的自动识别。射频识别系统一般由电子标签 (tag)、阅读器 (reader)、天线 (antenna) 和中间件系统组成。中间件泛指能屏蔽操作系统和网络协议的差异, 能在异构系统之间提供通信服务的软件。RFID 中间件本质上是扮演 RFID 硬件和应用程序之间的中介角色, 通过从应用程序端使用中间件提供的一组通用应用程序接口 (API), 实现到 RFID 读写器的连接。RFID 中间件技术主要任务是对阅读器传来的与标签相关的数据进行过滤、汇总、计算和分组。同时减少从阅读器传往企业应用的大量原始数据、生成加入了语意解释的事件数据。所以, 中间件是 RFID 系统的“神经中枢”^[7]。

2 粮食安全追溯 RFID 中间件的分析与架构

2.1 系统分析

相对于针对其他对象的 RFID 中间件平台, 粮食安全

收稿日期: 2008-01-10 修订日期: 2009-11-06

基金项目: 江苏省农业高技术项目 (BG2005323, BG2007340); 江苏省农业支撑计划 (BE2008396)

作者简介: 刘 鹏 (1985—), 男, 江西南昌人, 博士生, 主要从事农产品无损检测及数字化流通方面的研究工作。南京卫岗 1 号 南京农业大学食品科技学院, 210095。Email: llxx_2000@126.com

^{*}通信作者: 屠 康 (1968—), 男, 江苏南京人, 教授, 博士生导师, 中国农业工程学会高级会员 (E041200083S), 主要研究农产品贮藏加工。南京卫岗 1 号 南京农业大学食品科技学院, 210095。

Email: kangtu@njau.edu.cn

追溯中间件有其特殊性。主要表现在：粮食的安全追溯与质量控制主要包括生产、流通和储藏 3 个环节，其涉及的数据量大且分散，在多部门、多地域的大型广域信息系统中要顺畅灵活地传递并处理信息，使各级管理部门准确及时地掌握基层粮库的粮食情况是很庞大的工作。即使有有效的机制，管理部门也很难迅速、实时地掌握粮食流通过程中的实际质量情况。传统的对于粮食安全信息的管理方式只适用于信息的纵向流动，处于同一层次的管理部门横向间不易实现数据共享。

2.1.1 系统软硬件分析

基于上述特殊性的考虑将软硬件系统分析如下：

1) 采用低成本的简化版读写器及应用平台，标签采用裸签。

2) RFID 阅读器和 RFID 中间件之间，定义读写器访问协议和管理接口。

3) RFID 中间件和信息捕获应用模块之间，定义 RFID 事件过滤和采集接口 (ALE)

4) 设计与构建大容量数据库，满足数据分析流转的需要^[5]。

5) 捕获应用和存储系统之间，定义信息捕获接口。

6) 存储系统和信息访问系统之间，定义信息查询接口。

7) 其他关于跨粮食企业信息交互的规范和接口，譬如对象名解析服务 (ONS) 接口等。

2.1.2 RFID 中间件技术在粮食供应链中的业务流程及使用方式

将 RFID 应用于粮食供应链系统，必须从其源头插入 RFID 标签。通过对现有供应链系统问题的分析，提出一套基于 RFID 技术实现“农场到餐桌”对粮食安全实行质量追溯与安全评估的体系结构^[8]。其业务流程如下：

1) 各粮食收购站从不同生产基地收购的粮食入储藏库前先对其进行质量检验。依据检验结果将粮食按等级以大包装形式混合分仓储藏，其中每个大包装属于不同的生产基地，后期出库运输时也以该大包装为单位进行拆分，避免产生同一等级不同产地原粮混合的问题。以统一的大包装为初始单位标记其信息，提高追溯的透明度。在这过程中被写入 RFID 标签中的初始信息包括原粮产地以及粮食初始检验结果信息。

2) 出库前由基地继续完善 RFID 标签信息，写入粮食在储藏基地出库时的状态信息和储藏过程中的过程信息，如产地、已储藏时间以及出库前检测的一些理化指标（体积质量、脂肪酸含量等）等。

3) 从储藏基地到达粮食加工厂进行加工。在这个阶段，加工厂把加工和包装的过程信息以及最终的状态信息写入 RFID 标签，以备下一个加工者或消费者使用。为了确保追溯的透明性，对不同等级和不同产地的粮食，采用等级和产地结合的二级加工方法，即对来自粮库中同一等级的不同产地原粮，按照产地进行分等级加工，加工后按照产地和等级分装成小包装，确保每一小包装产品产地的一致性。避免不同产地同一等级的产品混装，保证追溯的可行性。

4) 出库分销到地方代理机构，直到超市。由超市或流通中心将其接受过程中的检测 and 状态信息写入，实现跟踪链的最后环节。在以上各个环节，将有关粮食信息写入 RFID 标签，最终形成完整信息。其中每个过程中信息的输入被限制在规定的编码位置内（即前一个过程的信息在下一个环节是只读的）。

具体实施过程中可以利用两种方法对 RFID 粮食标签进行追踪：一是从前往后进行跟踪，即从农场、粮食原材料供应商→加工商→运输商→销售商→销售点，这种方法主要用于查找造成质量问题的原因，确定产品的原产地和特征；另一种是从后往前进行追溯，也就是消费者在销售点购买食品发现了安全问题，可以向上层层追溯，最终确定问题所在，这种方法主要用于问题产品的召回。

2.1.3 基于 RFID 中间件技术的粮食供应链系统流程分析

粮食供应链和大多数农产品供应链一样也包括生产、加工、仓储、运输和销售 5 个环节，提高供应链效率的关键也就是如何协调各个环节及如何提高每个环节的效率。本文提出的基于 RFID 中间件技术的粮食供应链体系流程分析如图 1 所示：本供应链系统计划从生产基地开始，结合 RFID 技术对粮食的产品质量实行 3 个层次（在粮食收购站、各级粮库、配送中心分别建立质量控制监测点）控制，并通过粮食质量安全快速检测技术及电子标签中间集成应用技术建立相应的以粮食信息系统数据库为核心的质量可追溯系统。以质量控制信息发布中心为消费者和供应者的交互平台，以 RFID 为核心技术实现对粮食流通的各个环节进行质量控制^[9]。可以看到，通过使用 RFID 技术，能够方便地把整个供应链中各个环节的信息读入公共数据库，各个环节也可以方便地增加相应环节的数据。消费者和相关主管部门也可以通过通讯网络和终端进行查询和追溯。

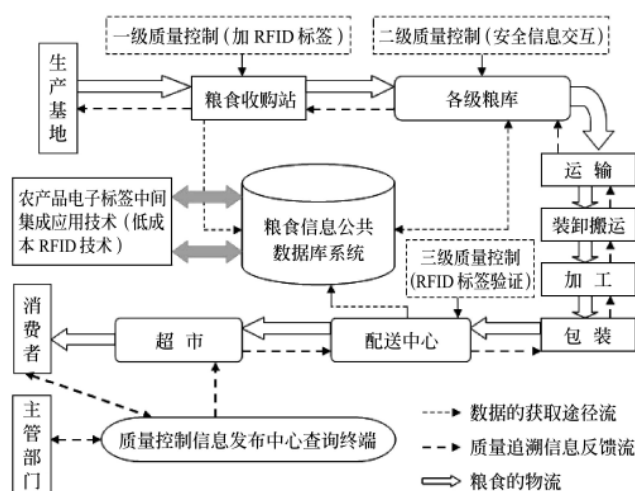


图 1 基于 RFID 的粮食供应链流程分析

Fig.1 Process analysis of grain supply chain based on RFID

2.2 粮食质量安全中间件系统架构

根据上述分析，本文将粮食安全追溯 RFID 中间件分为 6 个层次，如图 2 所示。自底向上依次为设备层（读写器、标签等）、粮食安全信息获取及预处理层、粮食安

全信息传输层（天线、信号增强器等）、粮食信息安全信息处理层、领域信息服务层、信息应用层。设备层和粮食信息安全信息获取及预处理层，负责采集粘贴在粮食及相关产品包装上的标签信息。位于中部的是粮食信息安全信息传输层和粮食信息安全信息处理层，负责传输、处理来自数据采集层的文件、信号和数据并保证其安全性。位于顶层的是领域信息服务层和信息应用层，负责处理来自数据处理层的抽象事件信息，对其进行存储、传送和发布等处理以提供相应服务给用户^[5]。数据处理层除了作为信息发布层和数据采集层的接口，还具备数据过滤和约束、数据聚合、数据挖掘等功能。

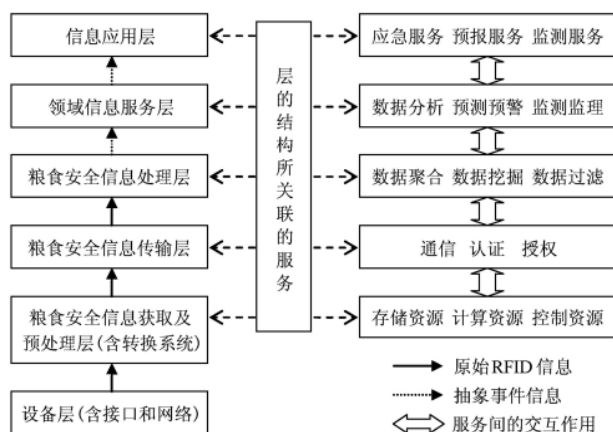


图 2 中间件系统架构
Fig.2 System framework of middleware

3 系统设计与实现

3.1 系统功能设计

3.1.1 系统控制功能

1) 设备管理与配置。集成业界主流的低成本读写器，实现对 RFID 读写器的基本监控、配置和管理。根据业务处理规则将接收标签分为新到标签、消失标签和异常等事件，在指定的事件发生时将事件及其携带的数据发送到事件处理的相关模块。

2) 系统监控维护。对设备、原始数据、中间数据和业务数据处理的过程进行监控并可进行实时修改。

3.1.2 数据处理功能

1) 数据的转换、过滤、聚集、分组及缓存。考虑到目前中间件原型的兼容性，针对市场主流的北美、欧洲和日本 3 种标准，经过研究和资料查阅，开发了一套较为全面的读写器规则转换系统，该系统可以实现国标和国际上 3 种主流标准之间的互相转换。作为数据处理中的辅助部分，当存在数据识别转换的需要时，可以随时进行调用，保证本体系具有较好的兼容性。完成转换后，建立过滤规则，为粮食公共信息服务，RFID 中间件应能够自动配置这些读写器将数据处理的规则反馈到读写器，使读写器按照规则从接收的数据中过滤数据。同时建立聚集类型的分类管理，从接收的数据中按照聚集的类型对数据聚集；再根据数据分组需求信息将原始数据分为不同的数据组来对应不同的业务需求。考虑到读写内容导致数据生成和存储之间速度不协调，可以通

过消息队列缓存数据来解决该问题。

2) 数据安全控制。信号在传输的过程中易受干扰，包括系统内部的热噪声和系统外部的各种电磁波干扰，这些都会使传输的信号发生畸变，从而使传输数据发生改变，导致传输错误。传输的信号畸变而导致的数据传输错误在 RFID 的通信中是不允许的，解决思路有两种：一是加大读写器的输出功率，从而提高信噪比，但这种方法有一定的局限性，读写器发出的功率受到一定标准的限制，如果超出了标准会造成电磁污染。另一种方法就是在原始数据的后面加上一些校验位，这些校验位和前边的数据之间具有一定的关联，接收端判断收到的数据位和校验位之间是否满足这种关联关系，从而判断数据有没有发生畸变，这就是差错控制编码^[10]。根据粮食信息安全系统数据量大，数据间相关度高的特点并综合考虑实施成本及效应比，本文选择差错控制编码作为本研究体系主要的数据安全控制方式。

3.1.3 业务功能

业务层的功能主要包括业务事件处理以及业务数据分发。根据业务定制的规则，将指定的标签数据或业务数据转发到相应的业务处理模块中，完成业务事件处理。业务数据分发是指按照业务要求将指定的数据发送到相应位置。

3.2 流程和模块设计

按照功能模块的设计。从模块和群件的角度，将粮食质量安全信息 RFID 中间件总体上分为 3 个层次 5 大模块，如图 3 所示。3 个层次为设备群件、数据群件和业务群件，5 大模块为设备接口模块、粮食信息安全基本数据过滤及处理模块、粮食信息安全数据分组处理模块、粮食信息安全业务数据分发处理模块、以及用户平台和管理员平台。

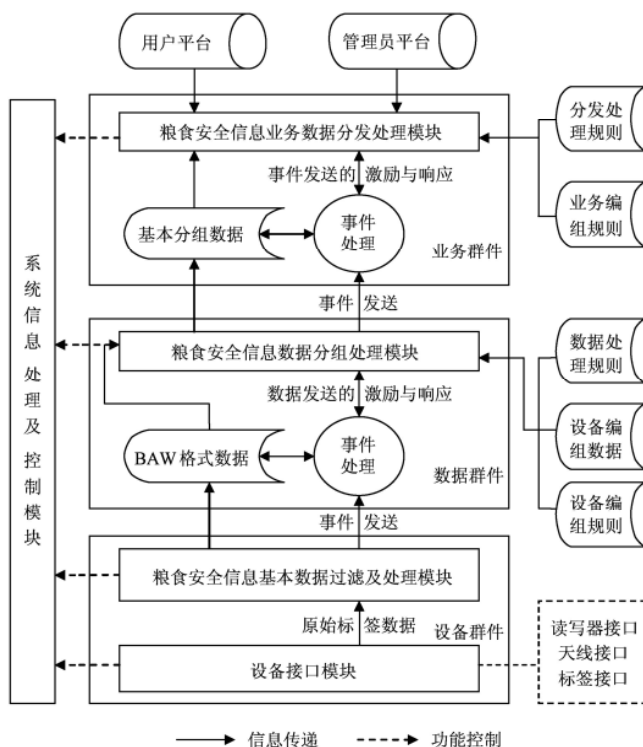


图 3 粮食质量安全信息 RFID 中间件系统模块结构与工作流程
Fig.3 Module structure and working flow of middleware of grain quality safety based on RFID

信息业务数据分发处理模块和信息监控与统计模块。其中, 3 个群件之间利用事件处理和消息触发机制进行数据传递和处理衔接。

图 3 中, 设备接口模块主要完成 RFID 设备的数据通讯和设备配置, 并对上层的处理模块提供统一的应用程序编程接口 (API)。对基本数据处理模块来讲, 设备接口模块可以看作是设备驱动程序, 不同的模块可灵活加载和卸载^[11]。粮食安全信息基本数据处理模块主要完成数据的初步过滤和聚集, 对数据进行初始的分类。基本数据处理模块对设备处理模块返回的数据进行大量的比较和分类, 对计算和查询的性能要求很高, 因此在这里将采用实时数据库技术及内存数据库技术来完成工作。

粮食安全信息数据分组处理模块依照业务规则、分组规则对数据、文件进行分类并存储。数据分类处理流程为: 由用户消息或系统事件启动数据分类处理功能, 根据设备表和分组设备表信息, 进行数据的整理, 并将整理结果拷贝到相关的业务数据表中, 再根据业务数据转化规则表将 ID 二进制数据转换成业务数据进行存储^[6]。数据由系统事件处理器从数据库中读出, 并进行业务数据的发布。粮食安全信息业务数据分发处理模块主要将已经分组的业务数据按照业务要求分发到指定的系统中, 采用光盘传输的相应批量方式来完成。同时完成与服务器相连接信息监控与统计的模块是粮食安全追溯

RFID 中间件的辅助模块, 起到显示系统处理数据的进度和结果, 并对处理性能和效率进行统计与分析的作用。

3.3 数据库及算法设计

由前面的系统分析, 与各个模块相对应的本系统主要的数据库包括设备表、原始数据表、设备组信息表、业务信息表、组流程设备表和系统日志。由于涉及表较多, 这里仅列出原始信息表, 其中原始数据及相关要求见表 1。本系统采用 SQL Server 2000 作为后台数据库, 包括两个数据库 (设备相关信息数据库和业务相关信息数据库包括 6 张数据表)。设计遵守关系数据库表的约束以及规范化设计等要求, 采用 BCNF (超第三范式) 范式标准。限于篇幅原因, 只给出以下数据表 (原始信息描述表), 和相应函数算法的流程设计, 如表 1、2 所示。

表 1 原始信息描述
Table 1 Description of original information

序号	名称	标识符	类型/值长	取值范围	备注
1	设备标识符	Device_id	C/20	0~20	首字符不能为数字
2	设备端口号	Port_num	C/10	0~10	首字符不能为数字
3	原始数据	Rawdata	C/15	0~15	
4	安全码	Safecode	D/7	7~10	首字符不能为数字
5	节点号	Node_number	F/20	0~120	不包括外部节点
6	绑定数据	Bind_data	C/12	任意	对原始数据进行初步处理的数据
7	时间	Dtime	C/10	任意	完整的日期时间

表 2 函数设计流程
Table 2 Design flow of function

API 函数名称	用途	代码	说明	参数
XC Identify Epc Code ()	发送读 EPC 码命令。概要: [Synopsis]	#include "XCRF500API.h" int XC Identify Epc Code (HANDLE hCom, unsigned char uc Antenna, unsigned char uc Scan Times, unsigned char	向读写器发送读 EPC 码命令	hCom: 通讯端口句柄 (串口/网口); ucAntenna: 天线号 ucScanTimes: 时隙 Q 值, 与标签的个数有关, 读写器有效阅读区域内的标签预计个数的应该小于 2Q-1。 Is Do Affirm: 接收确认(0x00: 单次读取, 0x01: 循环读取)

3.4 中间件集成实现

在完成了以上 3 个设计步骤的基础上, 进行系统集成设计。设计采用 Visual Basic.NET 设计驱动演示系统, ASP 技术设计网络客户端来实现。界面如图 4 所示。其中 ASP 编写的代码文件包括 index.asp (负责向用户提供查询面板以及进入其他页面的入口), search.asp (负责处

理用户请求, 从表中筛选符合要求的记录, 按一定的次序排列并把结果返回到客户端浏览器中), dbcon.asp (负责连接数据源, 对数据源进行操作) 3 个部分。演示驱动程序部分主要包括操作读写器系统所必须的端口号设置、天线号设置、标签类型的配置、功率设置等参数设置。以及标签的读写、服务器远程连接等功能。



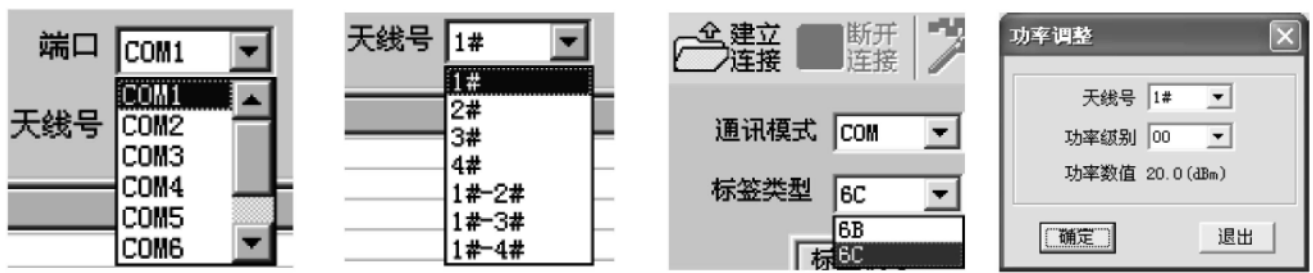


图 4 中间件系统操作界面
Fig.4 System operation interfaces of middleware

4 系统测试

4.1 单标签测试

单个标签测试指的是在其他条件固定的情况下，对标签本身及其与系统联系过程中某些性能进行系统评价的过程。测试的指标包括以下 7 个指标：1) 单个标签工作性能；2) 标签大小对阅读范围的影响；3) 天线大小对阅读范围的影响；4) 标签的方向性；5) 标签方向性对阅读范围的影响；6) 标签阅读时间；7) 标签安装位置对识别率的影响^[12]。由于测试指标和相应测试条件参数较多，限于篇幅，仅以标签安装位置对识别率的影响为例进行说明：其中标签从已按规则格式化后的 100 个标签中随机挑选，测试结果如表 3 所示。

测试结果表明在该测试条件及参数下，标签安装位

置和识别率有一定的关系，当与其他标签左右重叠时无法识别其中内容。其余测试指标的结果汇总于表 4。

表 3 标签安装位置对识别率的影响

Table 3 Effect of tag's installation position on recognition rate

测试条件及参数		测试结果		
		标签 ID	标签方向	识别率/%
通信数据量	16 bit	15	左	100
载波频率	125 Hz	6	后	100
调制方式	PSK(移向键控)	9	右	100
通信速度	7.9 kbit/s	2	后，重叠	100
标签大小	9 cm×6 cm	26	前，重叠	100
读头天线大小	70 cm×60 cm	19	前	100
识别模式	读&写		左，重叠	0
			右，重叠	0

表 4 测试指标结果汇总

Table 4 Testing results summary

测试条件及参数		测试指标	识别率%	测试结论
通信数据量	16 bit	单个标签工作性能	100	单个标签的具有较好功能
载波频率	125 Hz	标签大小对阅读范围的影响	87.6	6~10 cm 和 5~10 cm 内效果变化不显著
调制方式	PSK(移向键控)	天线大小对阅读范围的影响	92	3 500~5 200 cm ² 内效果变化不显著
通信速度	7.9 kbit/s	标签的方向性	100	任意向
标签大小	9 cm×6 cm	标签方向性对阅读范围的影响	80	左重叠和右重叠时效果为零
读头天线大小	70 cm×60 cm	标签阅读时间	100	在保证准确率 95% 时最少 0.2 s
识别模式	读&写	标签安装位置对识别率的影响	94	有影响

4.2 应用测试

为了确定整个系统的工作速度和最大正常工作时间，采用全接触式读写码方式模拟本系统的工作流程^[13-14]，监控并记录连续完成读码→写码→信息反馈→网络客户端查询的完整过程的最大次数，直到其中任意环节出现问题。测试表明本系统连续工作时间为 1 113.3 h，连续完整工作次数为 790 次，平均工作周期 $T=8.6$ s。

5 结 论

1) 将 RFID 中间件与粮食质量安全追溯的业务流程进行整合，完成了基于射频识别中间件技术的粮食供应链系统流程分析，并确定了符合粮食质量安全中间件的软硬件配置。

2) 提出了粮食质量安全追溯 RFID 中间件应用体系

的系统架构，最后对其进行设计和集成。结合网络数据库平台开发了较为简单的低成本标签读写规则。

3) 系统单标签和动态应用测试表明该系统具有较高的准确性（识别准确率达到 95.3%）和较快的速度（从记入标签到发布信息到互联网上平均时间为 8.6 s）和较好的稳定性（系统连续正常运行时间大于 1 000 h）。

4) 本模型可以作为粮食的追溯和自动化识别系统构建的内核，可实现正向跟踪和反向追溯，为实现粮食流通过程质量安全信息的可追溯提供了良好的操作平台，并且为后续加工、流通等环节的信息追溯提供了基础。

[参 考 文 献]

[1] 刘俊荣, 陈述平, 雷建维. 我国养殖水产品全链可追溯性系统平台的建设思路[J]. 水产科学, 2007, 26(9): 518—520.

Liu Junrong, Chen Shuping, Lei Jianwei. Outline of

- traceability system platform for farmed fishery products in China[J]. *Fisheries Science*, 2007, 26(9): 518—520. (in Chinese with English abstract)
- [2] 徐焕良, 陆荣和, 彭增起, 等. 基于产品生命周期管理的肉品车间生产跟踪及追溯体系研究[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(12): 161—163.
Xu Huanliang, Lu Ronghe, Peng Zengqi, et al. Meat-production chain tracking and traceability system based on product lifecycle management[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(12): 161—163. (in Chinese with English abstract)
- [3] 谢菊芳, 陆昌华, 李保明, 等. 基于.NET 构架的安全猪肉全程可追溯系统实现[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(12): 161—163.
Xie Jufang, Lu Changhua, Li Baoming, et al. Implementation of pork traceability system based on .NET framework[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(12): 161—163. (in Chinese with English abstract)
- [4] 任晰, 傅泽田, 穆维松, 等. 基于 Web 的罗非鱼养殖质量安全信息可追溯系统[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(4): 163—165.
Ren Xi, Fu Zetian, Mu Weisong, et al. Traceability system for tilapia breeding quality safety information based on Web[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2009, 25(4): 163—165. (in Chinese with English abstract)
- [5] Melanie R Rieback, Patrick N D Simpson, Bruno Crispo, et al. RFID malware: Design principles and examples[J]. *Pervasive and Mobile Computing*, 2006, 4(2): 405—426.
- [6] Achilleas P Anagnostopoulos, John K Soldatos, Sotiris G Michalakos. REFILL: A lightweight programmable middleware platform for cost effective RFID application development[J]. *Pervasive and Mobile Computing*, 2009, 5(1): 49—63.
- [7] Ruey Shun Chen, Meng ru Tu. Development of an agent-based system for manufacturing control and coordination with ontology and RFID technology[J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(4): 7581—7593.
- [8] 刘鹏, 屠康. 基于 UML-B/S 模式的粮食安全追溯 MIS 的设计与实现[J]. *中国粮油学报*, 2008, 23(5): 164—167.
Liu Peng, Tu Kang. Design and actualization of MIS Based on UML + B/S model about grain safety- backward[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2008, 23(5): 164—167. (in Chinese with English abstract)
- [9] 刘鹏, 屠康, 陈继昆. 射频识别技术在粮食供应链体系中的应用研究[J]. *粮食储藏*, 2007, 36(4): 23—26.
Liu Peng, Tu Kang, Chen Jikun. Radio frequency recognition technology applied in grain supply chain system[J]. *Grain Storage*, 2007, 36(4): 23—26. (in Chinese with English abstract)
- [10] Mruthyunjaya H S, Umesh G, Sathish Kumar M. Optimization of WDM lightwave systems (BAC) design using error control coding[J]. *Optical Fiber Technology*, 2007, 13(2): 156—159.
- [11] Lorraine S Lee, Kirk D Fiedler, Jeffery S Smith. Radio frequency identification (RFID) implementation in the service sector: A customer-facing diffusion model[J]. *International Journal of Production Economics*, 2008, 112(2): 587—600.
- [12] Jiann Liang Chen, Ming Chiao Chen, Chien Wu Chen, et al. Architecture design and performance evaluation of RFID object tracking systems[J]. *Computer Communications*, 2007, 30(9): 2070—2086.
- [13] Chun Ta Tzeng, Yi chang Chiang, Che ming Chiang, et al. Combination of radio frequency identification (RFID) and field verification tests of interior decorating materials[J]. *Automation in Construction*, 2008, 18(1): 16—23.
- [14] Abad E, Palacio F, Nuin M, et al. RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: Demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain[J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 93(4): 394—399.

Traceability system of grain quality safety based on radio frequency identification middleware

Liu Peng, Tu Kang*, Hou Yuepeng

(College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: For constructing traceability system of grain quality safety with fast, comprehensive and precise characteristics, the operation flow and the application mode on grain quality traceability had been analyzed. The analysis of the system flow was carried out based on the RFID (radio frequency identification) middleware in the grain supply chain considering the grain circulation practice in Jiangsu Province. In the mean while, configuration of the hardware and software was studied. Based on the research results, the system architecture of grain quality traceability with RFID middleware technology was proposed by structured design method. Then, the system integration and test had been taken with VC++ language and AutoRunner testing tool. Practical dynamic tests with single tag achieved the system identify accuracy, identify working cycle (the cycle from reading the label to releasing information to the Internet) and MTBF (mean time between failure) with 95.3%, 8.6 s and 1 000 h, respectively. The system has the potential application for tracing grain quality and safety.

Key words: grain, quality control, middleware, traceability, radio frequency identification (RFID)